

BOLETIM DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

125

Biochar, Calagem e Micronutrientes no Desenvolvimento de Plantas de Soja



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
125**

**Biochar, Calagem e Micronutrientes no
Desenvolvimento de Plantas de Soja**

*Henrique Antunes de Souza
Edvaldo Sagrilo
Rita de Cássia Alves de Freitas
João Rodrigues da Cunha
Djalma Júnior de Almeida Tavares Sousa
Lucélia de Cássia Rodrigues de Brito*

***Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2020***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte
Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires
Caixa Postal 01
CEP 64008-480, Teresina, PI
Fone: (86) 3198-0500
Fax: (86) 3198-0530
www.embrapa.br/meio-norte]
Serviço de Atendimento ao Cidadão(SAC)
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Unidade Responsável

Presidente
Danielle Maria Machado Ribeiro Azevêdo

Secretário-Administrativo
Jeudys Araújo de Oliveira

Membros
Edvaldo Sagrilo, Orlane da Silva Maia, Luciana Pereira dos Santos Fernandes, Lígia Maria Rolim Bandeira, Humberto Umbelino de Sousa, Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Antônio de Pádua Soeiro Machado, Alexandre Kemenes, Ana Lúcia Horta Barreto, Braz Henrique Nunes Rodrigues, Francisco José de Seixas Santos, João Avelar Magalhães, Rosa Maria Cardoso Mota de Alcantara,

Supervisão editorial
Lígia Maria Rolim Bandeira

Revisão de texto
Francisco de Assis David da Silva

Normalização bibliográfica
Orlane da Silva Maia

Tratamento das ilustrações
Jorimá Marques Ferreira

Editoração eletrônica
Jorimá Marques Ferreira

Foto da capa
João Avelar Magalhães

1ª edição
1ª impressão (2020): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio-Norte

Biochar, calagem e micronutrientes no desenvolvimento de plantas de soja / Henrique Antunes de Souza ...
[et al.]. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2020.
18 p. : il. ; 16 cm x 22 cm. - (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Meio-Norte, ISSN 1413-1455 ; 125).

1. Carvão vegetal. 2. Condicionador do solo. 3. Glycine max. I. Souza, Henrique Antunes de. II. Sagrilo, Edvaldo. III. Freitas, Rita de Cássia Alves de. IV. Cunha, João Rodrigues da. V. Sousa, Djalma Junior de Almeida Tavares. VI. Brito, Lucélia de Cássia Rodrigues de. VII. Embrapa Meio-Norte. VIII. Série.

CDD 631.82 (21. ed.)

Orlane da Silva Maia (CRB 3/915)

© Embrapa, 2020

Sumário

Resumo5

Abstract7

Introdução.....8

Material e Métodos9

Resultados e Discussão 11

Conclusões.....17

Referências18

Biochar, Calagem e Micronutrientes no Desenvolvimento de Plantas de Soja

Henrique Antunes de Souza¹

Edvaldo Sagrilo²

Rita de Cássia Alves de Freitas³

João Rodrigues da Cunha⁴

Djalma Júnior de Almeida Tavares Sousa⁵

Lucélia Rodrigues Brito⁶

Resumo: Objetivou-se, com o presente trabalho, avaliar a influência da aplicação de biochar associado à calagem e adição de micronutrientes sobre a nodulação, atributos agronômicos e acúmulo de nutrientes em plantas de soja. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, na Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, em Latossolo que apresentava baixa fertilidade (0 - 0,20 m). Os tratamentos consistiram da presença ou ausência dos seguintes insumos: biochar, calcário e micronutrientes. O delineamento adotado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2 x 2 x 2, com 5 repetições. Cada parcela consistiu de um vaso (10 dm³ de solo) com duas plantas de soja (BRS 9383 IPRO), cujas sementes foram inoculadas com *B. japonicum* antes do plantio e fertilizadas com P₂O₅ e K₂O. As variáveis analisadas foram atributos biométricos, biomassa da parte aérea, número e massa de nódulos e acúmulo de macro e micronutrientes da parte aérea da planta de soja. Procedeu-se à análise de variância dos dados e ao teste t,

¹Henrique Antunes de Souza

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

²Edvaldo Sagrilo

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

³Rita de Cássia Alves de Freitas

Engenheira-agrônoma, doutora em Agronomia, professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, São João do Piauí, PI

⁴João Rodrigues da Cunha

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, professor do Colégio Técnico de Floriano, Universidade Federal do Piauí, Floriano, PI

⁵Djalma Júnior de Almeida Tavares Sousa

Engenheiro-agrônomo, mestre em Agronomia, doutorando em ciência do solo, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB

⁶Lucélia de Cássia Rodrigues Brito

Engenheira-agrônoma, mestre em Agronomia, doutoranda em agronomia, Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI

além do emprego da análise de componentes principais e de agrupamento. A interação entre calagem e micronutrientes promoveu a diminuição do número de nódulos, ao passo que, com a interação entre biochar e micronutrientes na ausência de biochar e na presença de micronutrientes, houve aumento da altura e do número de nódulos e resultado oposto para massa seca de nódulos. Os tratamentos não influenciaram a área foliar e não houve interação entre calagem e biochar. A aplicação de calcário incrementou os acúmulos de N, de P, de K, de Ca, de Mg, de Cu e de Fe; o emprego de biochar aumentou os conteúdos de N, de K, de Ca, de Mg e de Fe; e o uso do FTE-BR12 promoveu maiores acúmulos dos micronutrientes B, Mn e Zn. A análise multivariada agrupou os tratamentos em quatro grupos: a testemunha, que esteve associada aos menores valores para as variáveis respostas estudadas: um grupo com aplicação somente de micronutriente, porém sem biochar e calagem; outro grupo com a presença do biochar ou do calcário, com ou sem micronutriente; e o último grupo que esteve associado aos maiores valores dos atributos estudados, que seria a aplicação conjunta de calcário, biochar e micronutrientes. Concluiu-se que o uso conjunto da calagem, biochar e micronutrientes incrementa a produção de biomassa, acúmulo de nutrientes (N, K, Mg, Fe e Zn) e massa de nódulos de plantas de soja.

Termos para indexação: *Glycine max*, carvão vegetal, condicionadores de solo.

Biochar, Liming and Micronutrients in the Development of Soybean Plants

Abstract – The objective of this study was to evaluate the influence of the application of biochar associated with liming and addition of micronutrients on nodulation, agronomic attributes and accumulation of nutrients in soybean plants. The study was conducted in a greenhouse, at Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, in an Oxisol that had low fertility (0 - 0.20 m). The treatments consisted of the presence or absence of the following inputs: biochar, limestone and micronutrients. The adopted design was completely randomized, with a 2 x 2 x 2 factorial scheme, with 5 replications. Each plot consisted of a pot (10 dm³ of soil) with two soybean plants (BRS 9383 IPRO), whose seeds were inoculated with *B. japonicum* before planting and fertilized with P₂O₅ and K₂O. The variables analyzed were biometric attributes, shoot biomass, number and mass of nodules and accumulation of macro and micronutrients in the aerial part of the soybean plant. The analysis of variance of the data and the t test were carried out, in addition to the use of the analysis of main components and grouping. The interaction between liming and micronutrients reduced the number of nodules, while with the interaction between biochar and micronutrients in the absence of biochar and in the presence of micronutrients, there was an increase in the height and number of nodules and the opposite result for dry mass of nodules. The treatments did not influence the leaf area and there was no interaction between liming and biochar. The application of limestone increased the accumulations of N, P, K, Ca, Mg, Cu and Fe; the use of biochar increased the contents of N, K, Ca, Mg and Fe; and the use of FTE-BR12 promoted greater accumulations of micronutrients B, Mn and Zn. The multivariate analysis grouped the treatments into four groups: the control, which was associated with the lowest values for the studied responses variables: a group with only micronutrient application, but without biochar and liming; another group with the presence of biochar or limestone, with or without micronutrient; and the last group that was associated with the highest values of the studied attributes, which would be the joint application of limestone, biochar and micronutrients. It is concluded that the combined use of lime, biochar and micronutrients increases the production of biomass, accumulation of nutrients (N, K, Mg, Fe and Zn) and nodule mass of soybean plants.

Index terms: Glycine max, charcoal, soil conditioners.

Introdução

A cultura da soja apresenta importância econômica para vários estados brasileiros, mas principalmente para aqueles cuja economia está pautada na produção agrícola. Em regiões de fronteira agrícola, como no Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), a área cultivada com soja tem aumentado nos últimos anos (Miranda et al., 2014; Hirakuri et al., 2018). Essa região se destaca pelo uso de tecnologias modernas de produção, além da topografia favorável à mecanização. No entanto a correção da fertilidade do solo e o devido suprimento de nutrientes ainda constituem um desafio, quando da incorporação de novas áreas (Francisco; Câmara, 2013; Matias et al., 2015).

Para a obtenção de elevadas produtividades de soja, são demandadas grandes quantidades de nutrientes. Para a produção de 3.500 kg ha⁻¹ de grãos e 9.500 kg ha⁻¹ de biomassa, é necessário aplicar por hectare: 275 kg N, 21 kg P, 172 kg K, 113 kg Ca, 50 kg Mg, 19 kg S, 335 g Zn, 371 g Mn, 325 g B, 849 g Fe e 63 g Cu. Entre os nutrientes que apresentam maior índice de colheita, estão o P (81%), o N (73%), o Cu (62%) e o S (61%) (Bender et al., 2015).

Com relação ao N, assume papel importante o suprimento via fixação biológica de nitrogênio (FBN) que, mesmo em condições de grande demanda de nutrientes para elevadas produtividades, é capaz de suprir e proporcionar resultados similares ao uso de fertilizantes minerais (Kaschuk et al., 2016).

A aplicação de micronutrientes é premissa importante para maior presença de nódulos em plantas de soja (Santos et al., 2019), como no caso do molibdênio que atua no processo de fixação biológica de nitrogênio, o qual é componente do processo enzimático da nitrogenase (processo de redução de N₂ a amônia) (Hansel; Oliveira, 2016). Nesse sentido, existem insumos que podem contribuir como fonte de nutrientes no incremento da matéria

orgânica do solo e na elevação do pH, criando condições que favorecem a nodulação das plantas. O biochar (material pirolisado sob ausência de oxigênio) apresenta potencial de uso para melhoria das condições edáficas, principalmente em solos de baixa fertilidade (Miranda et al., 2017).

Há vários trabalhos na literatura que relatam resultados distintos do uso conjunto do biochar com micronutrientes (Mohamed et al., 2017; Wu et al., 2018) e seus efeitos na nodulação de leguminosas (Mohamed et al., 2017). Outros trabalhos relatam os efeitos do biochar como corretor da acidez do solo (Chintala et al., 2014), indiretamente contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas.

Objetivou-se avaliar a influência da aplicação de biochar associado à calagem e micronutrientes sobre a nodulação, atributos agrônômicos e acúmulo de nutrientes em plantas de soja.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições controladas na Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI, entre os meses de julho e agosto de 2016, em área de telado com irrigação constante. O solo empregado no ensaio apresenta baixa fertilidade e foi coletado no município de Jatobá do Piauí (Latossolo Vermelho-Amarelo), na camada de 0 - 0,2 m, e apresenta os seguintes valores dos atributos químicos e de textura: pH (H₂O): 5,0; MO (dag/kg): 0,9; P (mg/dm³): 14; K (cmol_c/dm³): 0,23; Ca (cmol_c/dm³): 0,27; Mg (cmol_c/dm³): 0,19; H+Al (cmol_c/dm³): 3,06; SB (cmol_c/dm³): 0,77; CTC (cmol_c/dm³): 3,83; V (%): 20; argila (g/kg): 11,8; silte (g/kg): 15,0; areia total (g/kg): 73,2; areia grossa (g/kg): 1,9; e areia fina (g/kg): 71,3.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, com cinco repetições, cujos tratamentos foram a presença ou a ausência dos fatores calagem, biochar e micronutrientes.

O biochar proveniente da pirólise da madeira de eucalipto apresentava as seguintes características: $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$: 7,2; COT: 740 g/kg; Nt: 11,8 g/kg; P: 126,5 mg/kg; K: 1,5 g/kg; Ca: 1,86 g/kg; Mg: 0,37 g/kg; Cu: 0,39 mg/kg; Zn: 2,94 mg/kg; Fe: 25,2 mg/kg; e Mn: 4,5 mg/kg, aplicado na dose de 1% do volume do solo, o qual foi misturado com todo o solo do vaso antes do plantio.

A calagem foi realizada com calcário (92% PRNT) para elevar a saturação por bases para 60%. A incubação (contato do calcário com o solo umedecido a 60% do volume total de poros) foi realizada 30 dias antes da semeadura da soja.

A fonte dos micronutrientes empregados foi a FTE-BR12, com as seguintes concentrações: 1,5% de Ca; 3,2% de S; 1,8% de B; 0,85% de Cu; 2,1% Mn; 0,1% Mo; e 9,0% de Zn), aplicados no momento do plantio, no sulco de semeadura realizado no vaso.

Cada parcela consistiu de um vaso (10 dm³ de solo) com duas plantas de soja (BRS 9383), que foram inoculadas em pré-semeadura com *B. japonicum*, usando-se o inoculante líquido Total Nitro®, segundo as recomendações do fabricante de contato e mistura das sementes com o produto (inoculante), e fertilizadas com o equivalente a 95 kg ha⁻¹ e 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (superfosfato simples) e K₂O (cloreto de potássio), respectivamente, cujas doses foram baseadas na recomendação de adubação para a cultura da soja em solos do Cerrado (Sousa; Lobato, 2004).

As avaliações biométricas, biomassa e nodulação foram iniciadas quando as plantas de soja estavam em pleno florescimento (R2) nas duas plantas por vaso, procedendo-se ao corte da parte aérea, remoção das raízes do solo e sua posterior lavagem para quantificação e pesagem dos nódulos.

As variáveis analisadas foram: altura de plantas, área foliar, massa seca total da parte aérea, número de nódulos e massa seca de nódulos. As avaliações do número de nódulos e da massa seca de nódulos foram

realizadas conforme sugerido por Souza et al. (2008). Após a mensuração da massa seca da parte aérea, o material foi analisado quanto aos teores de macro e micronutrientes, conforme Myazawa et al. (2009), e posteriormente calculado o acúmulo total de nutrientes.

De posse dos dados, procedeu-se à análise de variância e, em função da significância, aplicou-se o teste t. Os dados foram ainda submetidos à análise multivariada por meio da técnica de análise de componentes principais e, a partir desta, à análise de agrupamento, utilizando-se o software R.

Resultados e Discussão

A área foliar e a massa seca da parte aérea das plantas de soja não apresentaram significância quanto à interação dos fatores. No entanto, quando se analisa de maneira isolada a presença da calagem, do biochar e dos micronutrientes, observa-se que esses tratamentos proporcionaram maior massa seca da parte aérea em relação à ausência desses insumos (Tabela 1). O ganho de massa seca quando da aplicação de calcário foi de 14%, de biochar foi de 13% e de micronutrientes foi de 5%, em relação à não aplicação.

Para a interação entre as variáveis altura de plantas, número de nódulos e massa seca de nódulos, houve significância entre as aplicações de biochar e de micronutrientes (Figura 1).

Na ausência de biochar e na aplicação de micronutrientes, houve maior incremento na altura de plantas, porém, com a aplicação conjunta de biochar e de micronutrientes, houve menor número de nódulos (Figuras 1A e B).

No tratamento sem micronutrientes e na ausência de biochar, observaram-se menor altura de plantas e menor massa seca de nódulos; contudo, com a aplicação conjunta de micronutrientes e de biochar, houve menor altura de plantas e menor número de nódulos (Figuras 1A, B e C).

Tabela 1. Valores médios, teste F e coeficiente de variação de atributos biométricos e biomassa em função da aplicação de calagem, de biochar e de micronutrientes em plantas de soja. Teresina, PI, 2019.

Tratamento	Altura	Área foliar	Massa seca parte aérea	Número nódulos	Massa seca nódulos
	cm	cm ² planta ⁻¹	g vaso ⁻¹	nº vaso ⁻¹	g vaso ⁻¹
Calagem (C)					
Ausência	78	990	7,6 b	68	1,07
Presença	75	948	8,7 a	67	1,08
Teste F	ns	ns	*	ns	ns
Biochar (B)					
Ausência	76	951	7,7 b	65	1,04
Presença	76	987	8,7 a	69	1,14
Teste F	ns	ns	*	ns	ns
Ausência	76	969	8,0 b	73	1,07
Presença	77	969	8,4 a	62	1,12
Teste F	ns	ns	*	ns	ns
C x B	ns	ns	ns	ns	ns
C x M	ns	ns	ns	ns	ns
B x M	*	ns	ns	*	*
C x B x M	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11,4	18,4	18,5	31,4	22,5

ns, **, * - Não significativo; significativo a 5%; 1% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (5% de probabilidade).

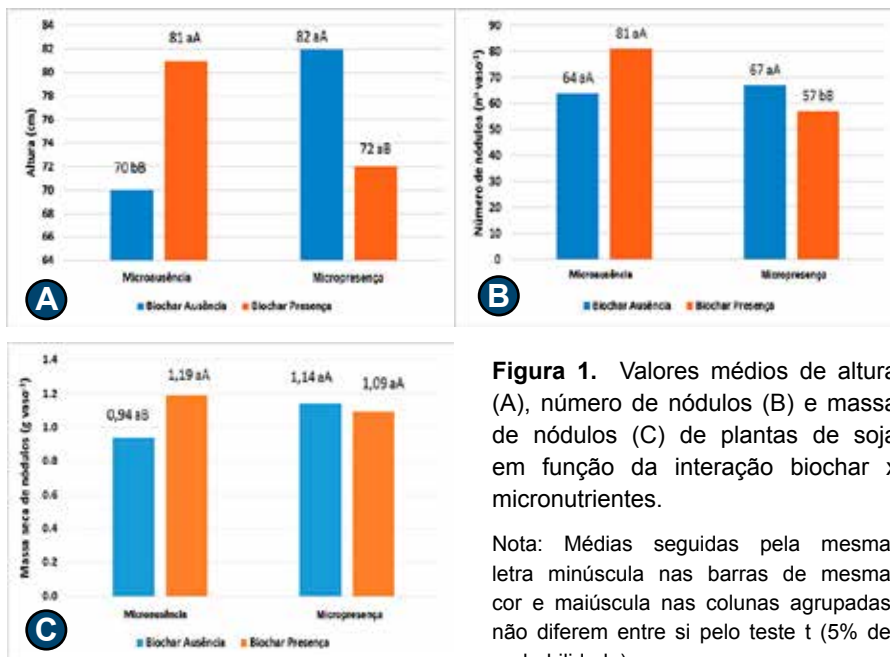


Figura 1. Valores médios de altura (A), número de nódulos (B) e massa de nódulos (C) de plantas de soja em função da interação biochar x micronutrientes.

Nota: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas barras de mesma cor e maiúscula nas colunas agrupadas não diferem entre si pelo teste t (5% de probabilidade).

Esses resultados demonstram que há uma interação não sinérgica entre o biochar e a aplicação dos micronutrientes, cuja presença de ambos não potencializou os efeitos positivos, por exemplo, no número de nódulos ou na massa seca (Figuras 1B e C). Resultados opostos foram verificados em feijão-fava com o uso de micronutrientes aplicados via foliar e biochar (Mohamed et al., 2017). Esses autores observaram que a aplicação de biochar com adubação foliar de micronutrientes (6% Fe, 0,5% Zn, 0,5% Mn, 0,5% Cu, 0,05% Mo, 4% S e 0,02% B) incrementou a nodulação do feijão-fava, além da massa seca da planta, e ainda reforçaram a importância do Fe e do Mo para a fixação biológica de N.

Em relação à variável massa seca de nódulos, a aplicação de biochar na ausência de micronutrientes proporcionou incremento de 27% (Figura 1C). Tal resultado pode ser explicado pelos efeitos positivos do biochar na fixação biológica de nitrogênio, por meio de um dos seis mecanismos apresentados por Gul e Whalen (2016). Os autores revisaram possíveis fatores atuando sobre a ciclagem bioquímica de N e de P em solos tratados

com biochar, quais sejam: aumento do pH do solo e suprimento de macro e micronutrientes pelo biochar.

Na Tabela 2, estão apresentados os dados de acúmulo de nutrientes na parte aérea da soja. Os resultados indicam ausência de significância da interação entre os fatores. No entanto, em relação ao N, K, Ca, Mg e Fe, verifica-se efeito positivo tanto da aplicação do calcário quanto do biochar, comparado à não aplicação desses condicionadores. Quanto ao P, houve incremento do acúmulo com o uso da calagem. Com relação aos micronutrientes, o B, o Mn e o Zn apresentaram maiores conteúdos quando da aplicação do FTE-BR12.

Tabela 2. Valores médios, teste F e coeficiente de variação de acúmulo de nutrientes em função da aplicação de calagem, biochar e micronutrientes em plantas de soja. Teresina, PI, 2019.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- mg vaso ⁻¹ -----						----- ug vaso ⁻¹ -----				
Calagem (C)											
Ausência	156b ¹	15b	120b	78	39b	16	420	130	1290b	223	475
Presença	190a	18a	148a	87	49a	17	461	164	2125a	203	534
Teste F	**	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	ns	
Biochar (B)											
Ausência	161b	16	121b	66b	34b	18	432	140	1444b	220	485
Presença	186a	16	147a	99a	55a	16	449	154	1971a	206	524
Teste F	*	ns	*	*	*	ns	ns	ns	*	ns	ns
Micronutrientes (M)											
Ausência	164	15	130	82	43	17	346b	154	1520	188b	452b
Presença	183	16	139	82	45	17	536a	140	1895	238a	557a
Teste F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**	**
C x B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
B x M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C x B x M	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19,4	22,8	28,3	21,4	19,6	22,9	23,9	35,5	36,8	23,0	21,7

ns, **, * - Não significativo; significativo a 5%; 1% de probabilidade. ¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste t (5% de probabilidade).

A aplicação de calcário incrementou os acúmulos de N, de P, de K, de Ca, de Mg e de Fe na proporção de 21%, 21%, 23%, 10%, 26%, e 64%, respectivamente, em relação à não aplicação. Com relação ao biochar, os ganhos nos acúmulos de nutrientes quando do uso desse insumo foram de 15%, 21%, 52%, 63% e 36% para N, K, Ca, Mg e Fe, respectivamente. A aplicação da FTE BR12 incrementou o conteúdo de B, de Mn e de Zn em plantas de soja, em 55%, 26% e 23%, respectivamente.

Alguns trabalhos relatam efeitos positivos do uso do biochar no incremento de P (Gul; Whalen, 2016). A ausência de efeito significativo de biochar para acúmulo desse macronutriente na planta, no presente estudo, pode ser explicada pela aplicação de fertilizante fosfatado no plantio.

O tratamento sem as aplicações de calcário, de biochar e de micronutrientes se relacionou positivamente ao componente principal 1, resultado que é oposto ao tratamento com a aplicação desses insumos (Figura 2). A combinação desses fatores está associada a menores valores de massa seca da parte aérea, acúmulos de N, de K, Mg, de Fe e de Zn, além de menor massa seca de nódulos na planta de soja.

Por sua vez, quanto ao componente principal 2, verificou-se a distinção entre o tratamento com a aplicação de todos os insumos (calagem, biochar e micronutrientes) e o tratamento que recebeu apenas micronutrientes, e este último esteve associado aos maiores acúmulos de S e de Mn e à maior altura das plantas.

Os resultados obtidos pela análise de componentes principais são reforçados pela análise de agrupamentos hierárquicos, em que foram formados quatro grupos: um grupo formado pela testemunha (sem calagem, sem biochar e sem micronutrientes); outro grupo formado pelo tratamento sem calagem e sem biochar, porém com micronutrientes; um terceiro grupo que inclui os tratamentos com presença da calagem ou do biochar e com ou sem micronutrientes; e o quarto grupo com a presença dos três insumos (tratamento completo), ou seja, com a aplicação de calagem, de biochar e de micronutrientes (Figura 3).

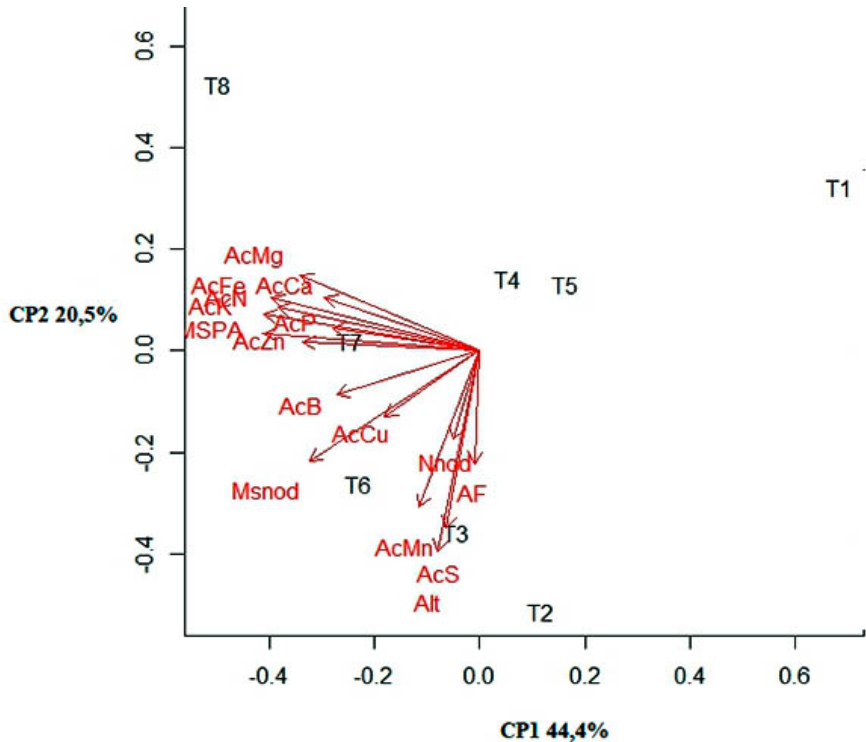


Figura 2. Gráfico biplot dos componentes principais das características das plantas de soja em função das aplicação de calagem, de biochar e de micronutrientes.

Nota: Alt – Altura; AF – área foliar; Nnod – número de nódulos; Msnod – massa seca de nódulos; MSPA – massa seca da parte aérea; AcN – acúmulo de N; AcP – acúmulo de fósforo; AcK – acúmulo de potássio; AcCa – acúmulo de cálcio; AcMg – acúmulo de magnésio; AcS – acúmulo de enxofre; AcB – acúmulo de boro; AcCu – acúmulo de cobre; AcFe – acúmulo de ferro; AcMn – acúmulo de manganês; AcZn – acúmulo de zinco. T1 – Sem calagem sem biochar e sem micro; T2 – Sem calagem, sem biochar e com micro; T3 – Sem calagem, com biochar e sem micro; T4 – Sem calagem, com biochar e com micro; T5 – Com calagem, sem biochar e sem micro; T6 – Com calagem, sem biochar e com micro; T7 – Com calagem, com biochar e sem micro; T8 – Com calagem, com biochar e com micro. CP1: MSPA: -0,36; AcN: -0,34; AcK: -0,36; AcMg: -0,30; AcFe: -0,35; AcZn: -0,30; Msnod: -0,29. CP2: AcS: -0,46; AcMn: -0,40; Alt: -0,52.

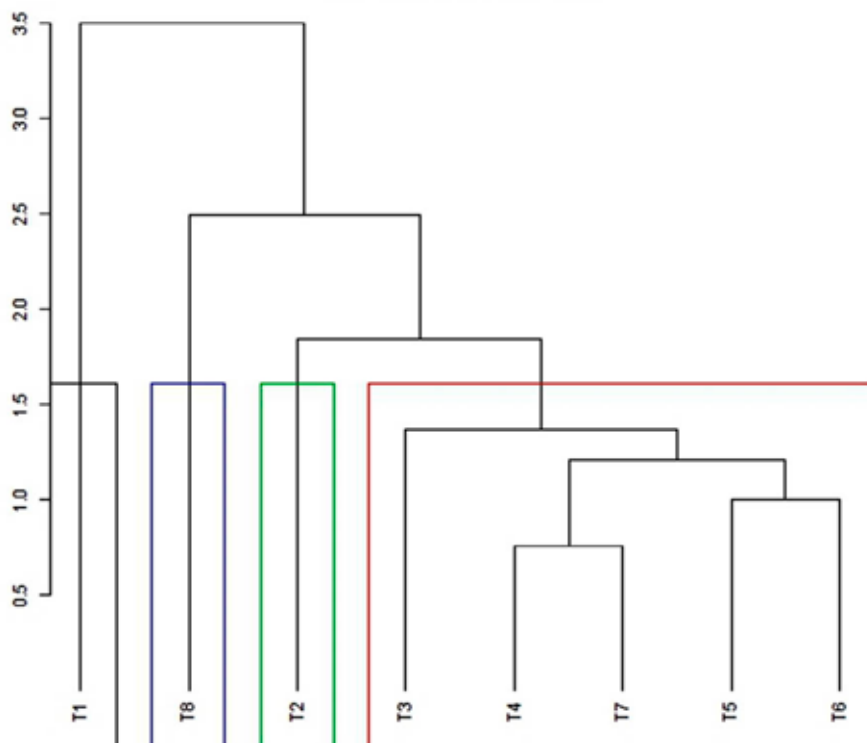


Figura 3. Dendrograma de agrupamentos hierárquicos entre os tratamentos com aplicações de calagem, de biochar e de micronutrientes. T1 – Sem calagem, sem biochar e sem micro; T2 – Sem calagem, sem biochar e com micro; T3 – Sem calagem, com biochar e sem micro; T4 – Sem calagem, com biochar e com micro; T5 – Com calagem, sem biochar e sem micro; T6 – Com calagem, sem biochar e com micro; T7 – Com calagem, com biochar e sem micro; T8 – Com calagem, com biochar e com micro.

Conclusão

O uso de calagem, de biochar e de micronutrientes incrementa a produção de biomassa, acúmulo de nutrientes (N, K, Mg, Fe e Zn) e a massa de nódulos de plantas de soja.

Referências

- BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; BELOW, F. E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern soybean varieties. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2, p. 563-573, 2015.
- CHINTALA, R.; MOLLINEDO, J.; SHUMACHER, T. E.; MALO, D. D.; JULSON, J. L. Effect of biochar on chemical properties of acidic soil. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 60, n. 3, p. 393-404, 2014.
- FRANCISCO, E. A. B.; CÂMARA, G. M. de S. Desafios atuais para o aumento da produtividade da soja. **Informações Agrônomicas**, n. 143, p. 11-16, set. 2013.
- GUL, S.; WHALEN, J. K. Biochemical cycling of nitrogen and phosphorus in biochar-amended soils Shamim. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 103, p. 1-15, Dec. 2016.
- HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações Agrônomicas**, n. 153, p. 1-8, 2016.
- HIRAKURI, M. H.; CONTE, O.; PRANDO, A. M.; CASTRO, C. de; BALBINOT JUNIOR, A. A. (Ed.). **Diagnóstico da produção de soja na macrorregião sojícola 5**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 120 p. (Embrapa Soja. Documentos, 405).
- KASCHUK, G.; NOGUEIRA, M. A.; LUCA, M. J.; HUNGRIA, M. Response of determinate and indeterminate soybean cultivars to basal and topdressing N fertilization compared to sole inoculation with *Bradyrhizobium*. **Field Crops Research**, v. 195, p. 21-27, Aug. 2016.
- MATIAS, S. S. R.; BAPTISTEL, A. C.; NÓBREGA, J. C. A.; ANDRADE, F. R.; SILVA, J. B. L. da. Variabilidade espacial dos atributos do solo em duas áreas de manejo convencional no Cerrado piauiense. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 2, p. 217-227, abr./jun. 2015.
- MIRANDA, E. E. de; MAGALHÃES, L. A.; CARVALHO, C. A. de. **Proposta de delimitação territorial do MATOPIBA**. Campinas: Embrapa, 2014. 18 p. (Embrapa. Nota Técnica GITE, 1).
- MIRANDA, N. de O.; PIMENTA, A. S.; SILVA, G. G. C. da; OLIVEIRA, E. M. M.; CARVALHO, M. A. B. de. Biochar as soil conditioner in the succession of upland rice and cowpea fertilized with nitrogen. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 2, p. 313-323, Apr./Jun. 2017.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S. do; MELO, W. J. de. Análise química de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. da (Ed.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. p. 193-233.
- MOHAMED, I.; EL-MEIHY, R.; ALI, M.; CHEN, F.; RALEVE, D. Interactive effects of biochar and micronutrients on faba bean growth, symbiotic performance, and soil properties. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 180, n. 6, p. 729-738, 2017.
- SANTOS, D. A.; CASTRO, D. A.; SANTOS, A. S. R. M.; SENIGALIA, R. L. C.; CHAGAS, M. A. Nodulação e tratamento de sementes no desenvolvimento de plântulas de soja. **Biodiversidade**, v. 18, n. 1, p. 105-113, 2019.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- SOUZA, R. A. de; HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J. C.; MACIEL, C. D.; CAMPO, R. J.; ZAIA, D. A. M. Conjunto mínimo de parâmetros para avaliação da microbiota do solo e da fixação biológica do nitrogênio pela soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 1, p. 83-91, jan. 2008.
- WU, P.; CUI, P. X.; FANGA, G. D.; WANG, Y.; WANG, S. Q.; ZHOUE, D. M.; ZHANG, W.; WANG, Y. J. Biochar decreased the bioavailability of Zn to rice and wheat grains: Insights from microscopic to macroscopic scales. **Science of the Total Environment**, v. 621, p. 160-167, Apr. 2018.



Meio-Norte

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL